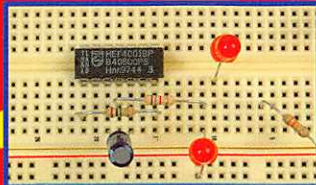
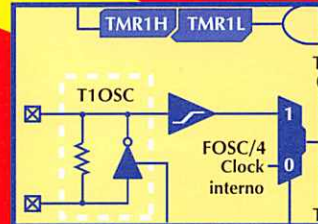
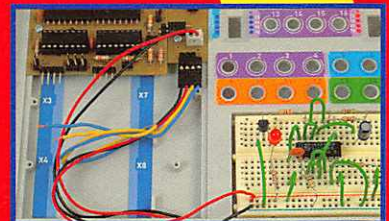
...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

20

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41020

Peruzzo & C.

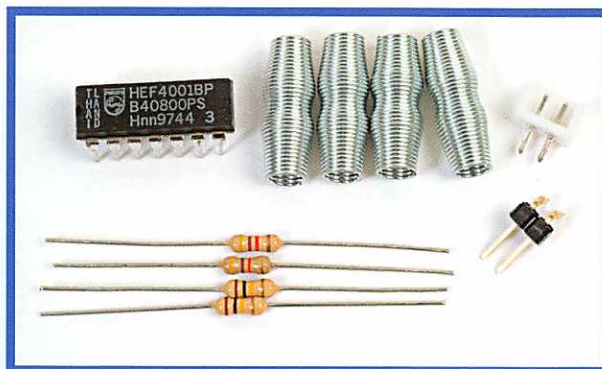
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Staroffset s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

4 Molle
1 Circuito integrato 4001
2 Resistenze da 4,7 K 5% 1/4 W
2 Resistenze da 100 K 5% 1/4 W
1 Connettore maschio da c.s a 2 vie a 90°
1 Connettore maschio da c.s. diritto a 2 vie

IN REGALO nel prossimo fascicolo

16 Molle
1 Filo rosso flessibile
1 Filo nero flessibile

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

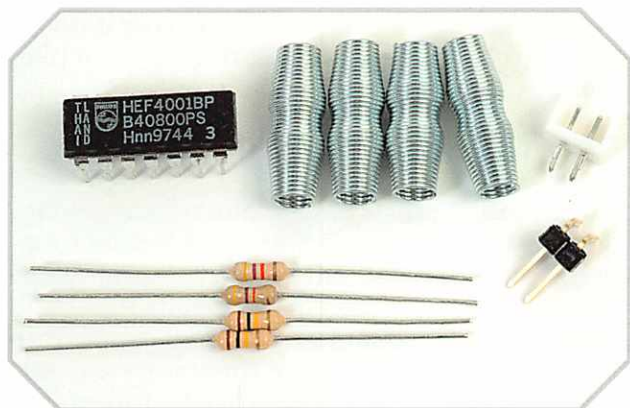
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede. **Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:** elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Molle per collegamenti

Componenti forniti in questo numero.

Scheda DG06 e i due connettori che dobbiamo montare sulla stessa.

Continuiamo la fornitura dei componenti per realizzare gli esperimenti, oltre ai connettori per completare la scheda del circuito stampato DG06, che corrisponde al microcontroller, e quattro nuovi componenti, le molle che verranno utilizzate come elementi di collegamento sul laboratorio.

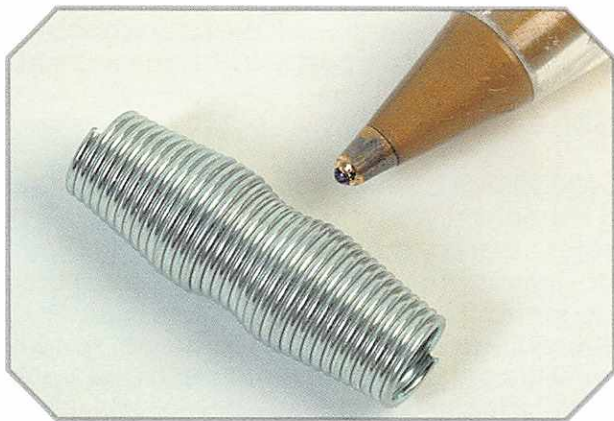
I componenti

I componenti che saranno utilizzati sulla Bread Board per la realizzazione di esercizi pratici sono un circuito integrato e quattro resistenze. Il circuito integrato 4001 fa parte della classica famiglia CMOS a basso consumo, e contiene quattro porte NOR a due ingressi.

Scheda DG06

Sulla scheda DG06 dobbiamo ancora montare il connettore a 90° J67 e il connettore JST, di colore bianco, che è un connettore ausiliario di alimentazione, con sigla J70. Quest'ultimo permette di alimentare questa scheda senza che essa sia collegata al laboratorio, quindi, come avrete già sicuramente capito, sarà possibile utilizzarla anche all'esterno del laboratorio stesso. Quando questa scheda è montata sul laboratorio riceverà alimentazione tramite il connettore J69, in questo caso il con-

Scheda DG06 completata.

Nei fori siglati come 0 V, 5 V, 9 V e V verranno montate le prime quattro molle.

La molla ha una zona centrale di diametro minore per permettere il suo fissaggio.

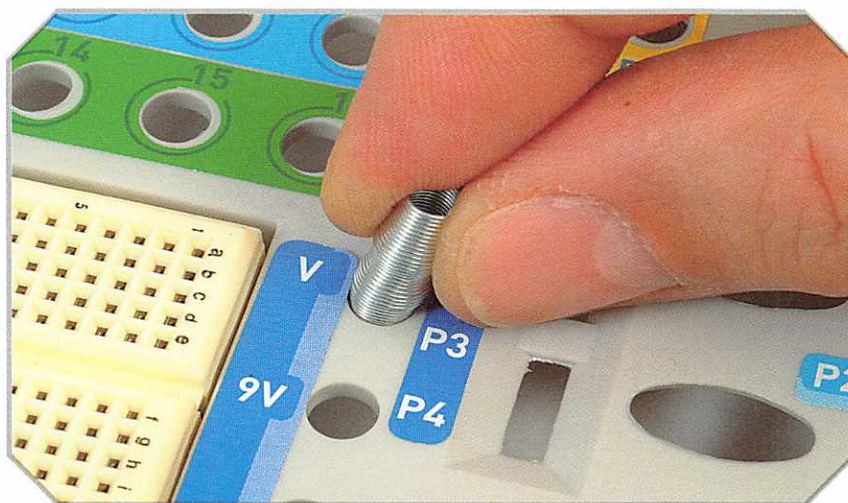
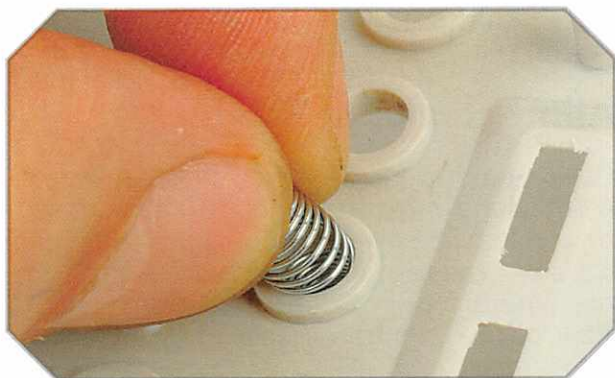
nettore J70 potrà essere utilizzato per alimentare altri circuiti a 4,5 V, se utilizziamo le pile, o a 5 V quando si utilizza l'alimentatore.

Connettori J67 e J70

Questi connettori si fissano alla scheda saldandone i terminali. Il connettore J67 deve rimanere con i terminali più lunghi orientati verso l'esterno della scheda e paralleli alla superficie della stessa. Per quanto riguarda il connettore J70, di colore bianco, deve rimanere con i terminali orientati come indicato nelle fotografie, in quanto potrebbe essere collegato invertito, e questo comporterebbe l'inversione di polarità dell'alimentazione. Con questi connettori la scheda è completa e resta in attesa di ricevere il microcontroller PIC16F870.

Molle

Le molle sono robusti elementi di collegamento per i fili. La forma e le caratteristiche del tondino di acciaio con cui sono costruite permette, da un lato, una facile e stabile installazione nei fori a loro riservati sul pannello principale e, dall'altro, garantisce che venga esercitata una pressione sufficiente sui fili, assicurando un buon collegamento elettrico.

Questo laboratorio dispone, vicino alla scheda Bread Board, di alcune molle per facilitare i collegamenti sicuri, duraturi e ripetitivi dei cablaggi più frequenti, ottenendo così un laboratorio che si può utilizzare in molti esperimenti, mantenendo un buon livello di collegamento dal momento che gli elementi

Inizio dell'installazione di una molla.

È necessario tirare le molle e, allo stesso tempo, ruotarle.

stessi di connessione non degradano. La molla facilita il collegamento diretto utilizzando solamente un pezzo di filo, con gli estremi spelati, tra i collegamenti della scheda Bread Board e le molle stesse. Nella parte inferiore delle molle, senza la necessità di utilizzare delle saldature, si esegue il collegamento fisso della molla agli altri circuiti del laboratorio. Tutto questo lo vedremo in dettaglio quando dovremo realizzare questi collegamenti, per il momento montiamo le prime quattro molle.

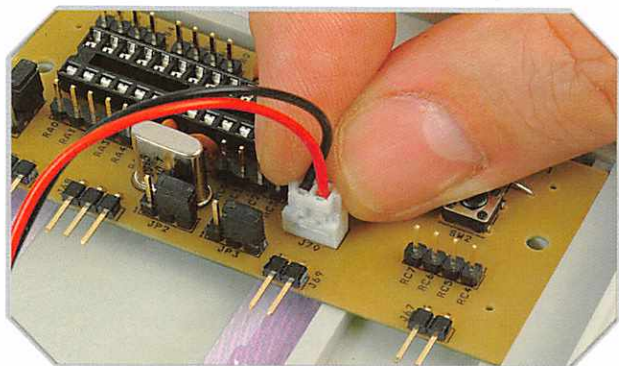
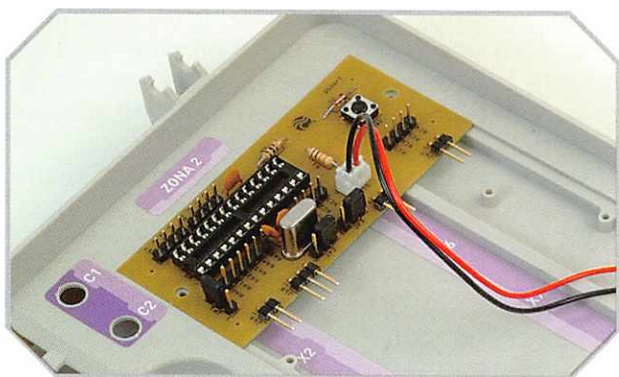
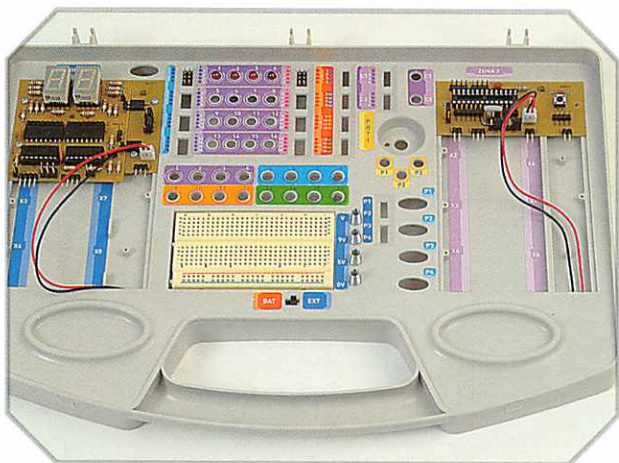
Montaggio delle molle

Ogni molla viene installata in un foro del pannello principale del laboratorio. Queste sedi sono state specificatamente progettate per fare in modo che le molle rimangano fissate bene e in posizione verticale. Installiamo ora le quattro molle posizionate alla destra della scheda Bread Board, che utilizzeremo in seguito per fornire le diverse tensioni di alimentazione alla stessa Bread Board.

Cercando di montare le molle, si può avere l'impressione che il diametro del foro sia troppo piccolo, invece è giusto.

La molla si inserisce dalla parte frontale e fuoriesce da quella inferiore. Con le dita della mano tireremo la molla e allo stesso tempo la ruoteremo in senso orario facendola entrare poco a poco fino a quando la sua parte centrale, di diametro minore, rimarrà incastrata nel pannello frontale. Dobbiamo evitare di tirare eccessivamente le molle, perché potrebbero allargarsi le spie e deformarsi eccessivamente. Ripeteremo la stessa operazione per

Le quattro molle di alimentazione.

Vista delle molle dall'interno del laboratorio.

Il connettore J70 permette di ottenere l'alimentazione tramite il portabatterie.

Alimentazione diretta utilizzando lo stesso cavo del portabatterie.

Stato attuale del laboratorio.

tutte e quattro le molle fornite con questo numero.

Alimentazione

Questo laboratorio dispone di un sistema di alimentazione piuttosto completo, l'alimentazione con le pile mette a disposizione tensioni di 4,5 e 9 V. Nel caso di alimentazione dall'esterno, avremo a disposizione le tensioni fisse di 5 e 9 V, oltre a un'altra variabile mediante un potenziometro.

Dato che non è possibile costruire il laboratorio in una sola volta, ma lo stiamo montando poco a poco, continueremo ad alimentare le schede fino a quando non sarà tutto disponibile. Questo si risolve montando sulle schede DG04 e DG06 un connettore bianco per alimentazione, che è collegato direttamente alla linea da 5 V. Questi connettori aumentano le possibilità di utilizzo delle schede e permettono tre possibilità di collegamento:

– La prima permette di alimentare tutti i circuiti della zona 1, o della zona 2, tramite i connettori delle schede DG04 e DG06 rispettivamente, senza la necessità di collegarle al laboratorio.

– La seconda è l'utilizzo di questi connettori come presa di alimentazione per altri circuiti, quando il sistema di alimentazione del laboratorio sarà completo.

– La terza consiste nell'alimentare i circuiti direttamente tramite il portabatterie, durante la fase di montaggio del laboratorio.

Alimentazione di DG06

La scheda DG06 non è ancora montata sul laboratorio però, come è stato detto, può essere alimentata direttamente da un portabatterie, e a questo scopo dobbiamo collegare il connettore di quest'ultimo al connettore J70 della scheda DG06.

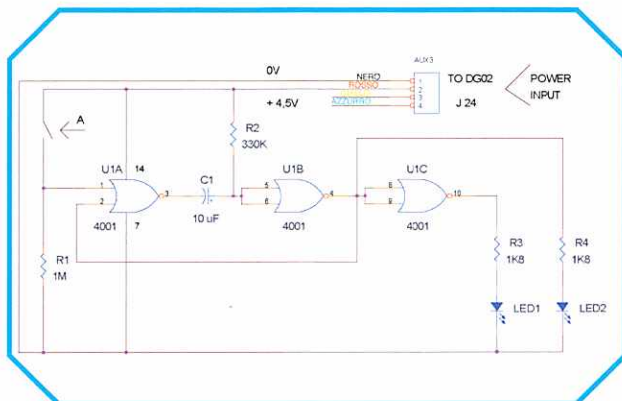
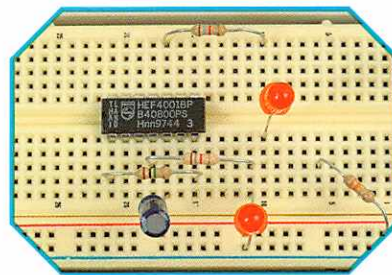
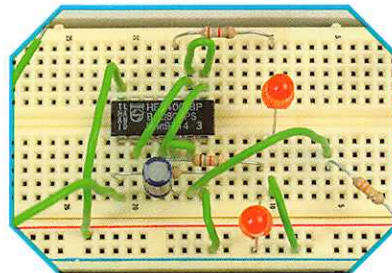
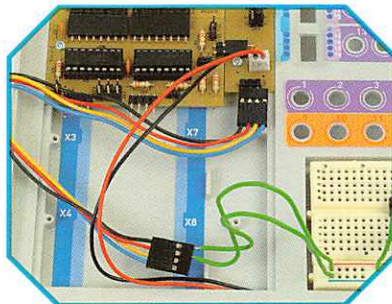
È necessario tener presente che il connettore della scheda e il cavo rimangono agganciati uno all'altro e non è possibile dividerli solamente tirandoli, in quanto uno dei due si romperebbe, ma occorre utilizzare un piccolo cacciavite a punta piatta e sottile, inserendolo nella fessura di separazione tra entrambi, che si può vedere nella zona vicina a dove è montata la resistenza R1. Dopo aver sganciato i connettori si possono scollegare.

Monostabili con porte NOR

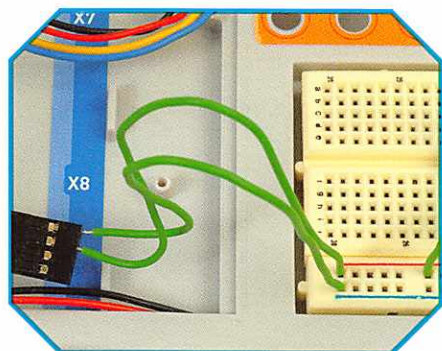
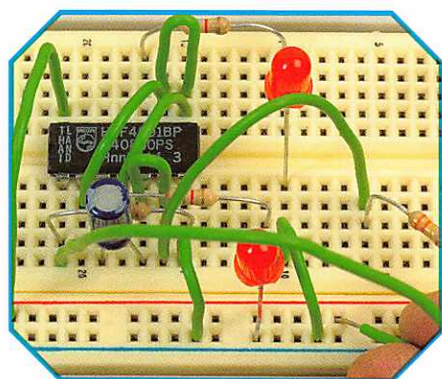
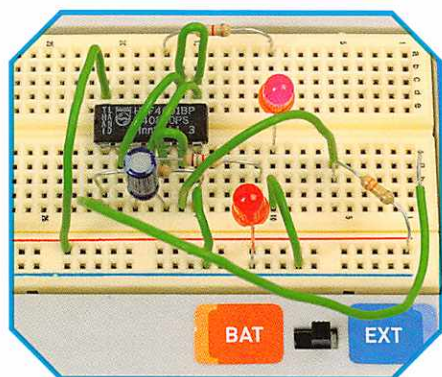
In questo esercizio si utilizza un circuito integrato con porte NOR per costruire un monostabile. Come tutti i monostabili, ha un ingresso di start che attiva il circuito per un certo periodo di tempo, trascorso il quale torna nello stato stabile o di riposo.

Lo schema

Se osserviamo lo schema del circuito la prima cosa che notiamo, guardandolo da sinistra a destra, è il collegamento di start, rappresentato dalla lettera A, e una resistenza R1 di valore alto che mantiene un livello basso sull'ingresso 1 della porta U1A. Questa porta, insieme alla U1B, alla resistenza R2 e al condensatore C1, forma il monostabile. L'uscita del monostabile, che normalmente si identifica come Q, è sul terminale 4 del circuito integrato, e per completare il circuito utilizziamo un'altra porta dell'integrato con i suoi due ingressi uniti per formare un invertitore e poter disporre anche dell'uscita negata, ovvero /Q, sul terminale 10 del circuito integrato.

Su entrambe le uscite del circuito, terminali 4 e 10, sono collegati un diodo LED e la corrispondente resistenza di polarizzazione, rispettivamente R4 e R3, che ci permettono di verificare lo stato delle uscite del circuito. Dato che sono collegati tramite una porta invertente, si illuminerà solamente un LED alla volta, quindi quando uno è illuminato l'altro è spento.

Monostabile con porte NOR.

Componenti montati sulla Bread Board.

Montaggio dei fili di collegamento.

Collegamento dell'alimentazione sul connettore J41 utilizzando un cavetto a quattro fili.

Montaggio

Il montaggio si deve realizzare seguendo lo schema, utilizzando le fotografie come aiuto e prendendo le abituali precauzioni. Si inserisce per primo il circuito integrato 4001, facendo attenzione al suo orientamento, e successivamente si inseriscono gli altri componenti e i fili di collegamento. Bisogna fare attenzione alla polarità del condensatore elettrolitico e a quella dei diodi LED.

Collegamento della alimentazione alla scheda Bread Board.

Fili utilizzati per realizzare i collegamenti di attivazione.

Si può illuminare solamente un LED alla volta.

Vista del laboratorio con questo esercizio.

Alimentazione

Il circuito si alimenta con le pile installate nel portabatterie della zona 1 utilizzando un cavetto di collegamento sul connettore J41 di DG04. Faremo in modo che il filo nero si colleghi al terminale 1, così avremo 0 V sul filo nero e 5 V su quello rosso. Quando il laboratorio sarà completo, il circuito si alimenterà con le molle 0 e 5 V.

Stato di riposo

Quando si collega l'alimentazione del circuito, con il collegamento di start A aperto, il LED 1 è illuminato e il LED 2 spento. Il circuito deve rimanere in questo stato fino a quando si verifica l'attivazione del medesimo.

Attivazione

L'attivazione o start si produce quando si chiude per un attimo il collegamento A, cosa che si può fare toccando con il filo l'altro capo del collegamento. Quando il laboratorio sarà completo utilizzeremo un pulsante. In questo istante cambia lo stato dei LED, ovvero il LED 1 si spegne e il LED 2 si illumina, la temporizzazione dura approssimativamente 5 secondi.

Modifiche

Il tempo in cui il circuito rimane attivo è circa 1,2 x R2 x C1. Questa è una formula molto approssimata, quindi la durata va verificata nella realtà. Il tempo si ottiene in secondi; se la capacità si esprime in microfarad, bisogna dividere per un milione.
È possibile incrementare il tempo incrementando i valori della resistenza o del condensatore e facendo il contrario per diminuirlo.

LISTA DEI COMPONENTI

Circuito di base	
U1	Circuito integrato 4001
R1	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R2	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R3, R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 10 µF elettrolitico
LED1,LED2	Diodo LED rosso

Astabile e bistabile con porte NOR

Finora abbiamo fatto delle prove con le porte NAND, ora le faremo con le porte NOR e vedremo le differenze. In questo circuito si utilizzano le quattro porte dell'integrato 4001, due per formare il bistabile e le altre due per l'astabile.

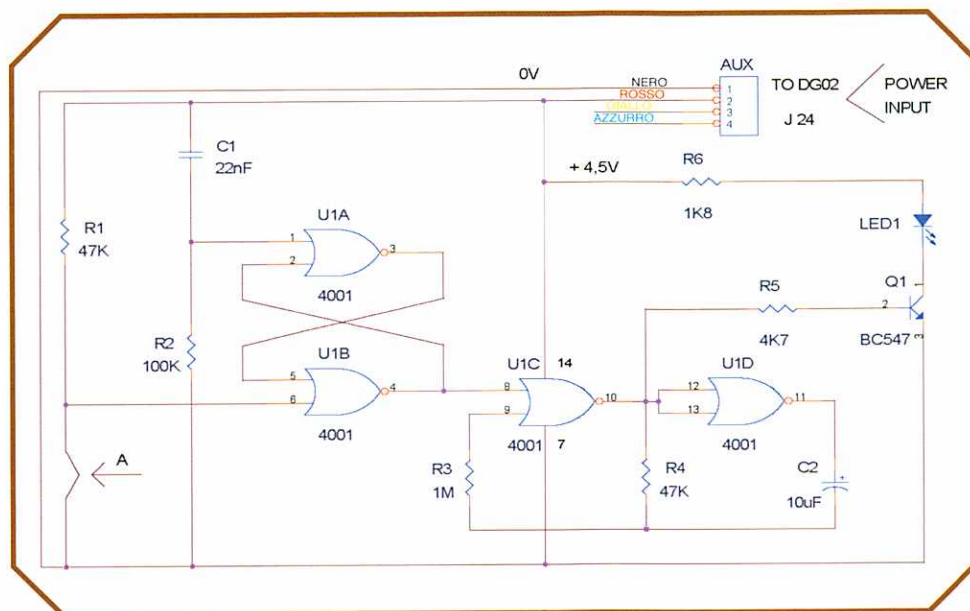
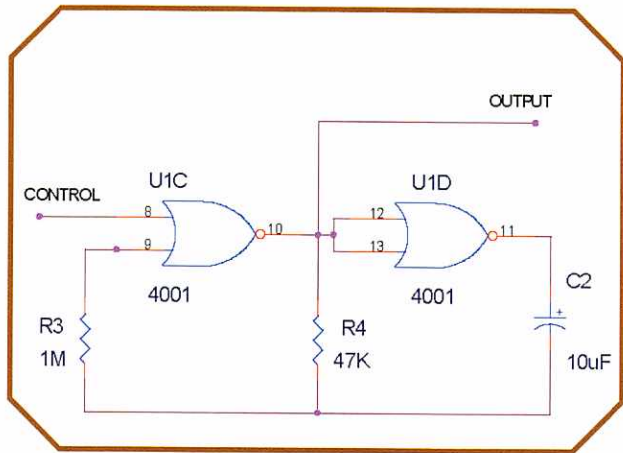
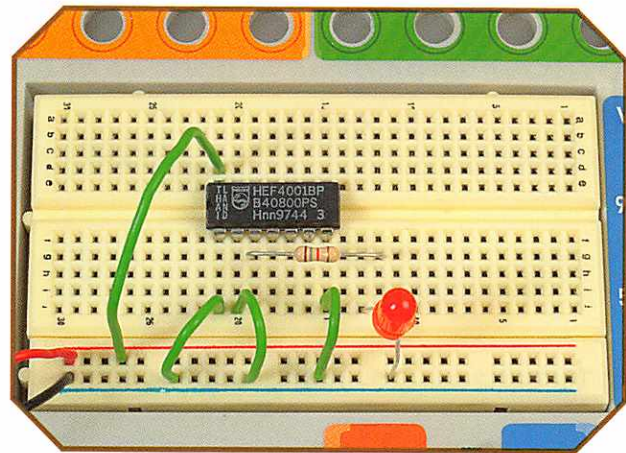
Il circuito

Osservando lo schema possiamo vedere che le porte U1A e U1B formano il bistabile, i cui ingressi corrispondono rispettivamente ai terminali 1 e 6 dell'integrato, e che utilizziamo solamente una uscita, quella di U1B che corrisponde al terminale 4.

L'astabile è formato dalle porte U1C e U1D, l'uscita si prende dal terminale 10 e si utilizza per eccitare la base di un transistor che illumina il LED quando, sul terminale 10, vi è un livello logico alto.

Circuito bistabile con porte NOR.

Stato di riposo

Quando si collega l'alimentazione il collegamento A deve essere chiuso, ovvero, il terminale 6 dell'integrato deve essere allo stato di 0 logico. Se osserviamo l'altro ingresso potremo vedere che, siccome all'inizio c'è un 1, grazie alla presenza del condensatore C1 collegato tra questo ingresso e il positivo dell'alimentazione (bisogna ricordare che per le porte NAND questo condensatore era collegato al negativo), l'uscita del monostabile, terminale 4, è a livello basso, l'astabile è disattivato e il LED 1 rimane spento.

Circuito astabile e bistabile con porte NOR.

Circuito astabile con porte NOR.

Montaggio per provare il 4001.

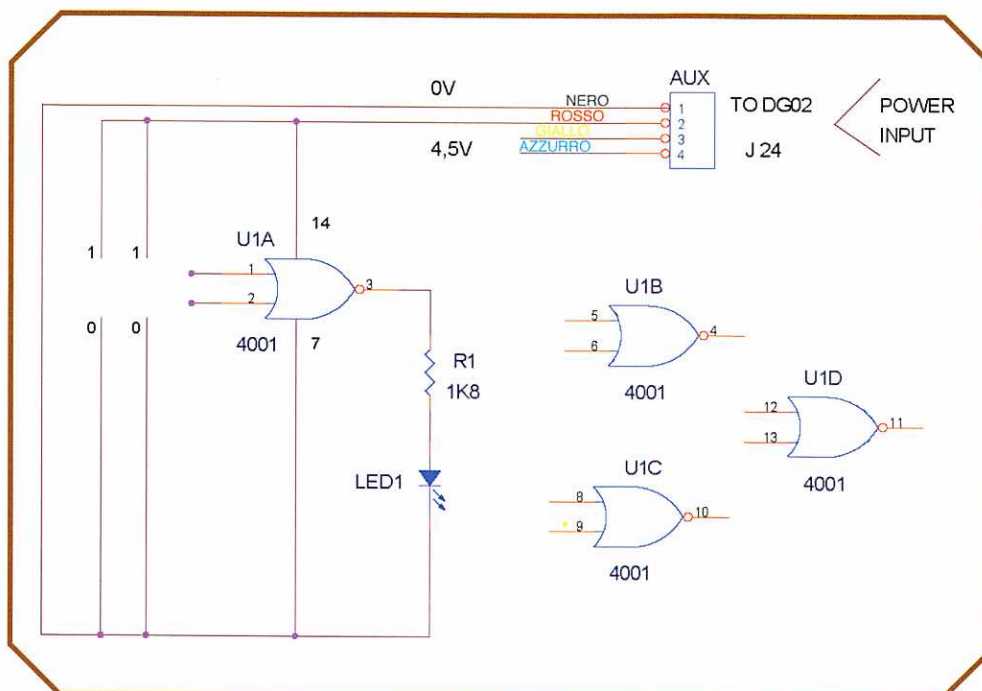
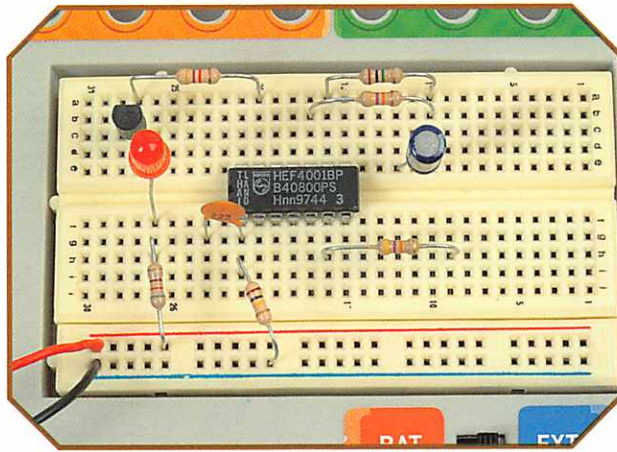
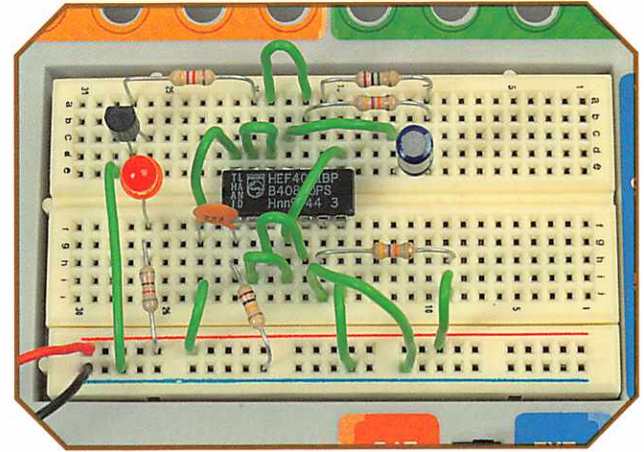
Attivazione

Aprendo per un momento il contatto A, anche se dopo lo richiudiamo, l'uscita del bistabile, terminale 4, cambia e passa a livello alto, memorizzando questo stato fino a quando non verrà tolta l'alimentazione (in questo caso non abbiamo a disposizione il collegamento di reset). Attivando l'astabile l'illuminazione del LED sarà intermittente, con una cadenza che dipende dal valore della resistenza R4 e dalla capacità del condensatore C2.

Prova del 4001

Prima di realizzare il montaggio conviene provare il circuito integrato 4001, che contiene quattro porte NOR a due ingressi. Ricordate che la sua uscita è 1 solamente quando i suoi due ingressi sono a 0, mentre per le altre due combinazioni l'uscita è 0.

L'alimentazione di questo integrato è la seguente: terminale 14 positivo e terminale 7 negativo.

Il circuito si alimenta tramite la scheda DG04 utilizzando un cavetto di collegamento

Circuito di prova per il 4001.

Componenti dell'esperimento sulla Bread Board.

Cablaggio dell'esperimento.

sul terminale J41, con il cavo nero al terminale 1 di questo connettore.

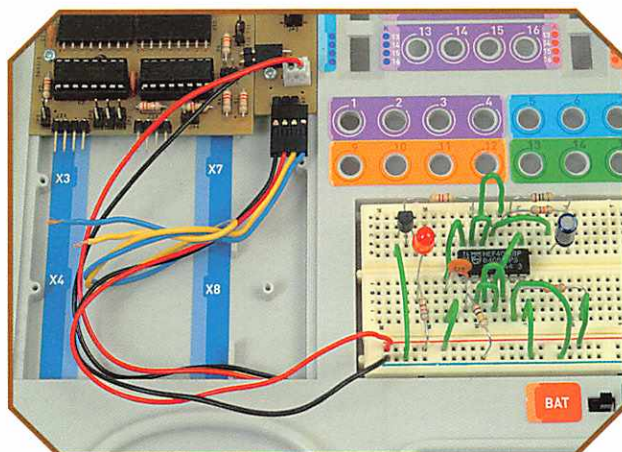
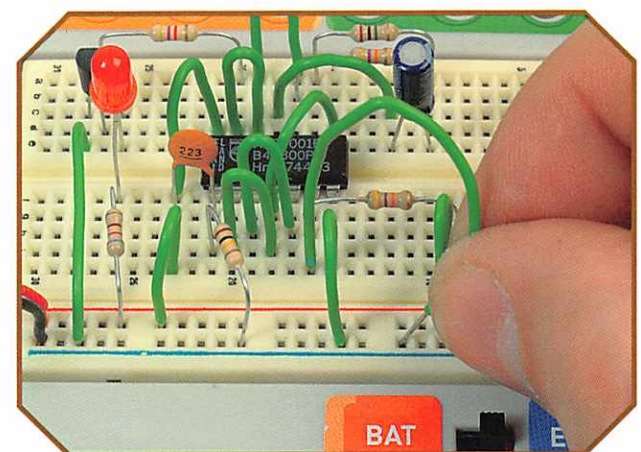
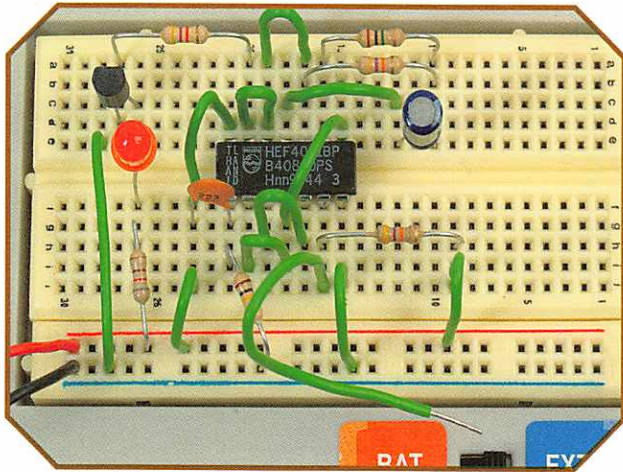
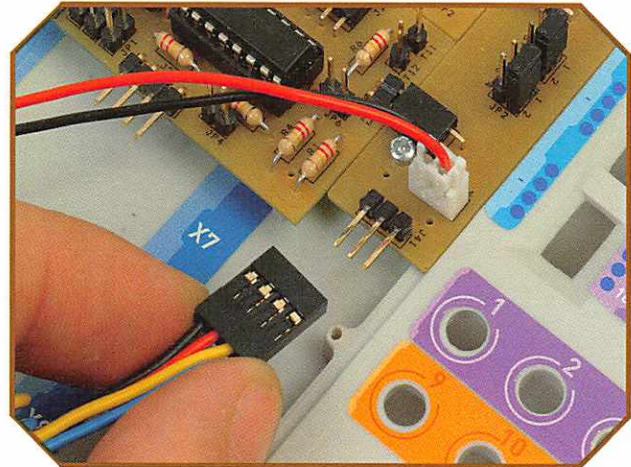
Montaggio

Il montaggio del circuito del bistabile di base si realizza con la solita procedura, facendo attenzione alla polarità del LED, a quella dell'alimentazione e del condensatore elettrolitico, al montaggio del transistor e a quello del circuito integrato.

Questo montaggio è un po' più complesso e occorrerà osservare bene il codice a colori delle resistenze, per non confondere quelle da 4K7 con quelle da 47 K. Il montaggio si realizza seguendo tutti i collegamenti dello schema e aiutandosi con le fotografie.

È necessario verificare ogni filo dopo averlo montato, perché è facile sbagliare, in quanto i collegamenti della Bread Board sono molto vicini fra loro; questo lavoro si può migliorare utilizzando una pinza per collegare i fili e i componenti con i terminali lunghi, come ad esempio, le resistenze e i condensatori.

Prova

Dopo aver realizzato il montaggio e rivisto i collegamenti si lascia il collegamento A chiuso, ovvero con il filo inserito, e si collega l'alimentazione, che per il momento è fornita dai 4,5 V delle pile, anche se potrebbe funzionare senza problemi a 5 e 9 V. Il LED deve rimanere spento. Apriamo il collegamento A e lasciamolo aperto, quindi osserviamo se il

L'alimentazione si prende dalla scheda DG04.

Togliendo il collegamento si simula l'apertura del circuito.

Il LED intermittente indica lo stato di memorizzazione del bistabile.

Il reset si ottiene scollegando l'alimentazione.

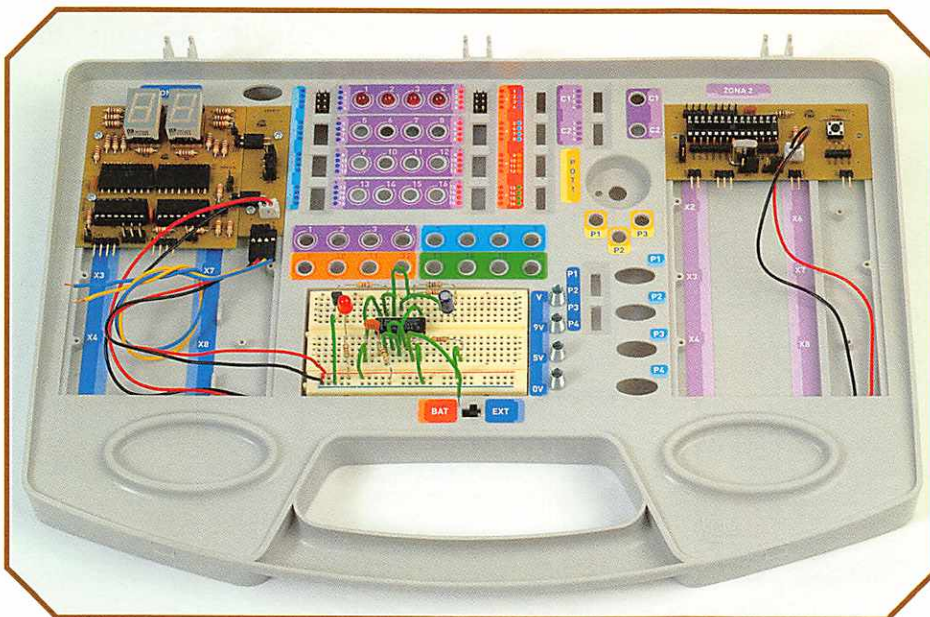
LED si illumina in modo intermittente. Collegando nuovamente A vedremo che il LED si mantiene intermittente, quindi abbiamo verificato che il bistabile ha memorizzato questo stato di allarme. Lo stato di allarme si cancella scollegando l'alimentazione del circuito e ricollegandola successivamente, durante questa operazione il collegamento A deve essere chiuso.

LISTA DEI COMPONENTI

Circuito di base	
U1	Circuito integrato 4001
R1,R4	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio,
R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R5	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R6	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 22 nF
C2	Condensatore 10 µF elettrolitico
LED1,LED2	Diodo LED rosso

Modifiche

In questo circuito si può e si deve realizzare qualche esperimento eseguendo alcune modifiche. La cadenza dell'intermittenza dipende dai valori di C2 e R4, quindi se montiamo, ad esempio, due condensatori da 10 µF in serie, la frequenza raddoppia.

È anche possibile aggiungere un collegamento di reset, mantenendo chiuso il collegamento A e scaricando il condensatore C1 collegando momentaneamente un filo ai suoi capi; in questo modo applichiamo un 1 al terminale 1 dell'integrato.

Vista generale dell'esperimento.

Temporizzatori TMR1 e TMR2

Il PIC16F870 dispone di tre temporizzatori: il TMR0, il TMR1 e il TMR2. Abbiamo visto come funziona il primo di questi, ma dobbiamo conoscere e capire anche i restanti. Ogni temporizzatore è diverso, anche se il concetto generale è comune per tutti e tre. Iniziamo ad analizzare il TMR1, passando poi all'analisi del TMR2.

Il temporizzatore TMR1

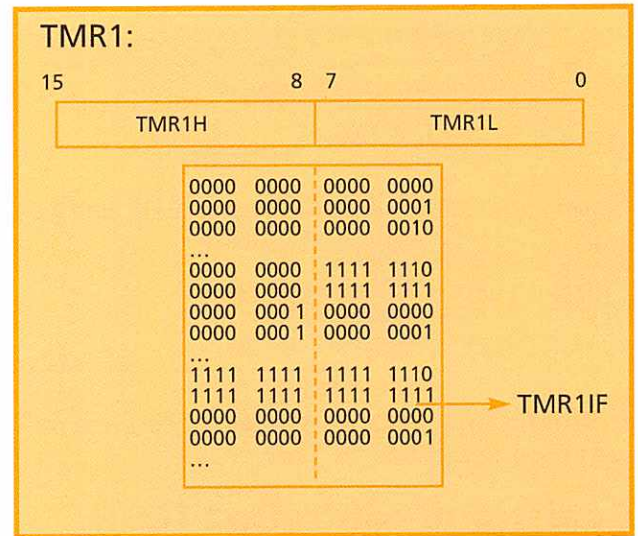
Il TMR1 è un temporizzatore/contatore a 16 bit. Il valore del conteggio è contenuto in due registri da 8 bit concatenati. I due registri sono TMR1H, che contiene gli 8 bit più significativi, e TMR1L, che contiene gli 8 bit meno significativi. Essendo un registro a 16 bit, il contatore evolve da 0000h fino a FFFFh, istante in cui si attiva il flag di overflow TMR1IF, e ritorna al valore di conteggio iniziale.

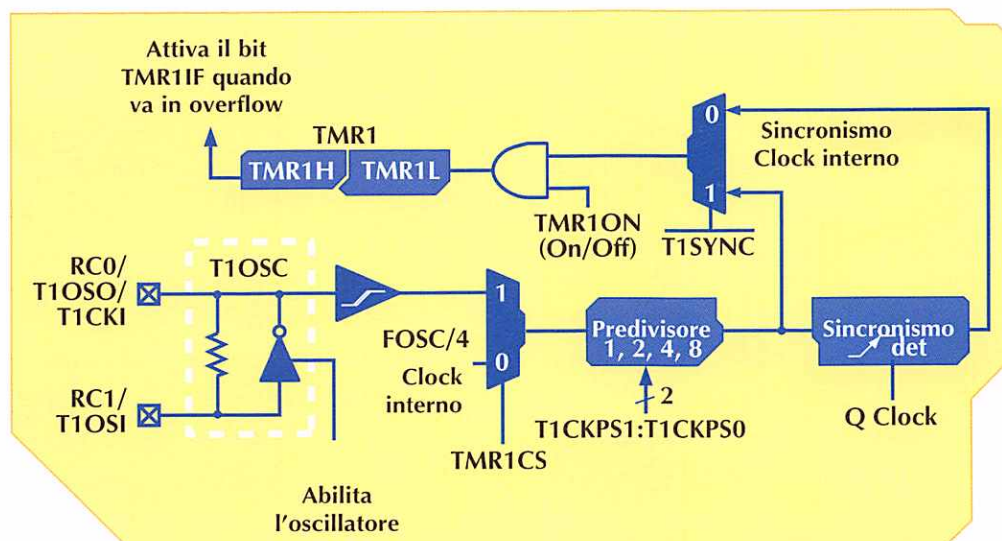
Nel momento dell'overflow è possibile anche generare un interrupt, e per farloè necessario aver abilitato sia i bit di abilitazione globale che il bit di abilitazione specifico del Timer (GIE = PEIE = TMR1IE = 1).

Il contenuto di TMR1H:TMR1L può essere letto e scritto. Gli impulsi di clock possono essere esterni o interni (Fosc/4). Nella figura possiamo vedere l'architettura interna del temporizzatore.

Il TMR1 può funzionare come temporizzatore e come contatore. Se funziona come contatore dobbiamo distinguere due modi di lavoro: sincrono e asincrono. Quando il TMR1 funziona come temporizzatore, i registri

TMR1:

15	8	7	0
TMR1H		TMR1L	
0000	0000	0000	0000
0000	0000	0000	0001
0000	0000	0000	0010
...			
0000	0000	1111	1110
0000	0000	1111	1111
0000	000 1	0000	0000
0000	000 1	0000	0001
...			
1111	1111	1111	1110
1111	1111	1111	1111 → TMR1IF
0000	0000	0000	0000
0000	0000	0000	0001
...			

Il temporizzatore TMR1 utilizza 16 bit.

TMR1H:TMR1L incrementano il loro valore a ogni ciclo di istruzione (Fosc/4). Funzionando come contatore, può ricevere gli impulsi di clock da un oscillatore esterno collegato ai pin RC0 e RC1 della porta C (come si può vedere nello schema a blocchi), in cui si applicano

Schema a blocchi del temporizzatore TMR1.

T1CON: Registro di controllo del TMR1

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{\text{T1SYNC}}$	TMR1CS	TMR1ON
bit7							bit0

bit7-6 Non implementati
bit5-4 T1CKPS1:T1CKPS0: Predivisore di frequenza del TMR1
bit3 T1OSCEN: Abilitazione dell'oscillatore del TMR1 (pin RC1-RC0)
1= Oscillatore abilitato
0= Oscillatore disabilitato
bit2 $\overline{\text{T1SYNC}}$: Sincronizzazione degli impulsi esterni con il clock interno
1= Non sincronizza il clock esterno
0= Sincronizza
Quando TMR1CS=0:
Il bit è ignorato. Si usa il clock interno
bit1 TMR1CS: Selezione della sorgente per gli impulsi del contatore
1= Clock esterno tramite il pin RC0
0= Clock interno Fosc/4
bit0 TMR1ON: Abilitazione del TMR1
1= Abilita il TMR1
0= Disabilita il temporizzatore

Registro T1CON per il controllo del temporizzatore TMR1.

fronti di salita o tramite un clock esterno collegato al pin RC0.

Registro di controllo T1CON

Il registro di controllo T1CON regola il comportamento del temporizzatore TMR1. Questo registro occupa l'indirizzo 10h della memoria RAM. Nella figura possiamo vedere la sua struttura e come il valore di ciascuno dei suoi bit influenza il funzionamento del TMR1.

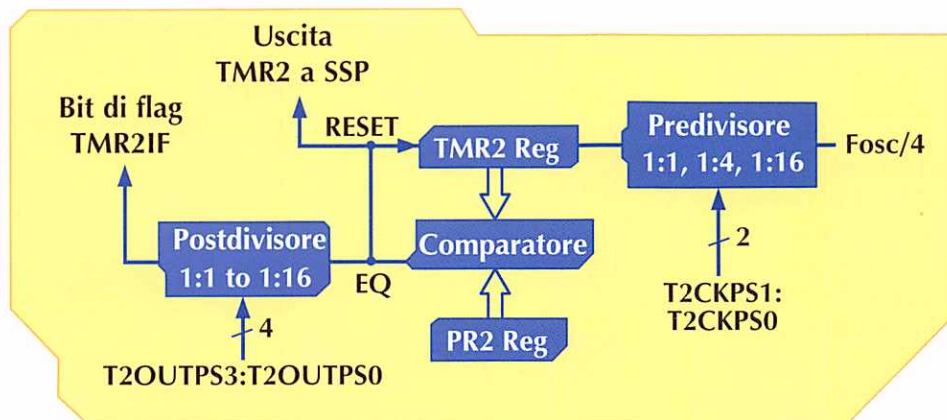
Il bit TMR1ON abiliterà l'utilizzo del temporizzatore, il TMR1CS ci permette di scegliere la sorgente degli impulsi per il conteggio (clock interno o esterno), il bit T1OSCEN si configura per accettare o meno gli impulsi che arrivano dall'esterno, il bit $\overline{\text{T1SYNC}}$ determinerà se sincronizzare o meno gli impulsi esterni con quelli del clock interno e i bit T1CKPS1:0 selezionano il valore del fattore applicato per la divisione della frequenza degli impulsi che si applicano al TMR1.

Quest'ultimo, come possiamo vedere nella figura, ha quattro range di lavoro.

T1CKPS1	T1CKPS0	Range del predivisore
0	0	1:1
0	1	1:2
1	0	1:4
1	1	1:8

Selezione del range sul predivisore del TMR1.

Indirizzo	Nome	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Valore in POR e BOR	Valore nel resto dei reset
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
0Eh	TMR1L	Registro che contiene il byte meno significativo del TMR1								xxxx xxxx	uuuu uuuu
0Fh	TMR1H	Registro che contiene il byte più significativo del TMR1								xxxx xxxx	uuuu uuuu
10h	T1CON	-	-	T1CKPS1	T1CKPS0	$\overline{\text{T1OSCEN}}$	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	--uu uuuu

Registri relativi al TMR1.

Schema a blocchi del TMR2.

Altri registri relativi al TMR1

Quando si verifica un overflow del valore di conteggio (da FFFFh a 0000h) il TMR1 attiva il suo flag TMR1IF automaticamente. Questo è il bit meno significativo del registro PIR1. Per fare in modo che questo flag provochi un interrupt quando si attiva, il bit di abilitazione dell'interrupt del TMR1 deve essere attivato, TMR1IE = 1. Questo bit è quello meno significativo del registro PIE1.

Invece, quando il modulo di Capture/Compare/PWM (CCP) è configurato come comparatore con "attivazione speciale", se si produce questa attivazione (quando coincidono i valori che compara) il TMR1 si resetta. Per utilizzare tale caratteristica dobbiamo programmare il TMR1 per il funzionamento in modo temporizzatore o contatore sincrono.

Nella tabella della figura sono riportati i registri relativi al Timer 1. Sono indicati gli indirizzi del registro, il nome di quest'ultimo, la sua scomposizione in bit e lo stato che questi bit assumono dopo un reset. Il valore 'x' significa indeterminato, 'u' che rimane invariato e quelli non implementati '-' sono letti come 0.

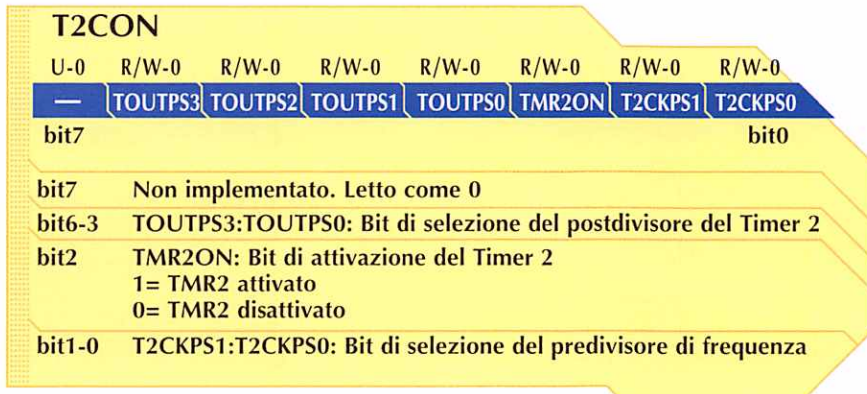
Il temporizzatore TMR2

Il TMR2 è un temporizzatore a 8 bit con predivisore e postdivisore di frequenza. Occupa l'indirizzo 11h del banco 0 della memoria RAM e assume alcune funzioni speciali per implementare il funzionamento della Porta Seriale Sincrona (SSP) e per i moduli di Capture/Compare/PWM (CCP). Il registro del TMR2 può essere letto e scritto, e, mediante un reset, si inizializza il suo valore.

Il segnale di clock del TMR2 è quello interno del processore (Fosc/4) e presenta l'opzione di dividere la frequenza in range da 1:1, 1:4 e 1:16, in base a come avremo programmato i due bit meno significativi del registro T2CON. L'uscita del registro TMR2 passerà attraverso un postdivisore di frequenza con range consecutivi da 1:1 fino a 1:16. Nella figura possiamo vedere l'architettura interna del TMR2.

T2CON

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0
bit7							bit0

bit7	Non implementato. Letto come 0
bit6-3	TOUTPS3:TOUTPS0: Bit di selezione del postdivisore del Timer 2
bit2	TMR2ON: Bit di attivazione del Timer 2 1= TMR2 attivato 0= TMR2 disattivato
bit1-0	T2CKPS1:T2CKPS0: Bit di selezione del predivisore di frequenza

Registro T2CON per il controllo del temporizzatore TMR2.

Registro di controllo T2CON

In base a come programmeremo il registro di controllo T2CON, il TMR2 si comporterà in modo diverso. Questo registro occupa l'indirizzo 12h del banco 0 della memoria RAM. Esiste un bit in questo registro, il TMR2ON, che permette di scollegare il temporizzatore e quindi, risparmiare consumo di energia nel microprocessore. I due bit meno significativi di questo registro selezionano il range del predivisore di frequenza in accordo con la tabella della figura. Il bit più significativo del registro non è implementato e i quattro successivi determinano il range con cui funzionerà il postdivisore di frequenza, come si può vedere nella tabella della figura.

T2CKPS1	T2CKPS0	Range del predivisore
0	0	1:1
0	1	1:4
1	X	1:16

Selezione del range del predivisore di frequenza.

TOUTPS3:TOUTPS0	Range del postdivisore
0000	1:1
0001	1:2
0010	1:3
....	....
1111	1:16

Selezione del range del postdivisore di frequenza.

Altri registri relativi al TMR2

L'uscita del postdivisore di frequenza controlla l'attivazione del flag TMR2IF, bit del registro PIR1 che si attiva automaticamente quando il temporizzatore va in overflow. In questo modo possiamo generare un interrupt interno al microcontroller con il TMR2.

Per permettere l'interrupt del TMR2 dobbiamo impostare a 1 il bit di abilitazione TMR2IE, però, dato che questo temporizzatore è un dispositivo ausiliario, è necessario attivare anche il bit di abilitazione per questo tipo di dispositivi, che è il PEIE.

Non dobbiamo dimenticare che anche il bit di abilitazione globale di interrupt è necessario che sia attivato. Quindi, se TMR2IE=PEIE=GIE=1, quando si attiva il flag (TMR2IF=1) si genera un interrupt.

Il TMR2 ha associato un registro di periodo PR2, che occupa l'indirizzo 92h della memoria dei dati RAM. Se il valore del TMR2 coincide con quello di PR2 si genera un impulso EQ e si resetta il TMR2. Il postdivisore può dividere tali impulsi in EQ prima dell'attivazione del bit di flag (TMR2IF).

I registri associati al TMR2 sono raccolti nella tabella, dove è indicato l'indirizzo che occupano nella memoria, i bit di cui sono composti e lo stato che questi bit assumono dopo un reset.

Conclusioni

Abbiamo visto i temporizzatori di cui dispone il microcontroller. Compreso il loro funzionamento, potremo utilizzarli in applicazioni future. Continueremo l'analisi dei dispositivi del PIC fino a iniziare lo studio del repertorio delle istruzioni. Ripassate i concetti studiati e teneteli presenti per i capitoli successivi.

Indirizzo	NOME	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Valore in POR e BOR	Valore nel resto dei reset
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
11h	TMR2	Registro del modulo TMR2								0000 0000	uuuu uuuu
92h	PR2	Registro del periodo del TMR2								1111 1111	1111 1111
12h	T2CON	-	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	--00 0000	--uu uuuu

Registri relativi al TMR2.